

VESIHALLITUKSEN MONISTESARJA

1981:74

OVAKO OY AB DALSBROKIN JÄTEVESIEN
VAIKUTUKSISTA PURKUVESIÄSTÖN
POHJAN TILAAN

Kauko Häkkinen
Hannu Mölsä

V E S I H A L L I T U K S E N M O N I S T E S A R J A

1981:74

OVAKO OY AB DALSBROKIN JÄTEVESIEN
VAIKUTUKSISTA PURKUVESISTÖN
POHJAN TILAAN

Kauko Häkklä
Hannu Mölsä

VESIHALLITUKSEN
KIRJASTO

Suomen ympäristökeskuksen
kirjasto

Turun vesipiirin vesitoimisto
Turku 1981

R 25770B

Tekijät ovat vastuussa julkaisun sisällöstä eikä siihen voida vedota
vesihallituksen virallisena kannanottona.

OVAKO OY AB DALSBROKIN JÄTEVESIEN VAIKUTUKSISTA PURKUVESISTÖN
POHJAN TILAAN

	Sivu
1 JOHDANTO	5
2 KUORMITUS JA TUTKIMUSALUE	5
3 AINEISTO JA MENETELMÄT	6
4 TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU	8
4.1 Pohjan laatu	
4.2 Sedimenttien raskasmetallit	8
4.21 Yleistä	8
4.22 Sedimenttinäytteiden raskasmetallipitoisuudet	9
4.3 Liejusimpukan raskasmetallit	13
4.4 Pohjaeläimistön tila	13
4.41 Likaantumisyöhykkeiden määrittäminen	13
4.42 Pahoin likaantunut pohja	14
4.43 Likaantunut pohja	15
4.44 Puoliliikaantunut pohja	16
4.45 Puoliterve pohja	18
4.46 Terve pohja	20
5 JOHTOPÄÄTÖKSIÄ OVAKO OY AB DALSBROKIN JÄTE- VESIEN VAIKUTUKSISTA PURKUVESISTÖN POHJAN TILAAN	21
6 LOPPUTIIVISTELMÄ KIRJALLISUUS	23

1

J O H D A N T O

Dragfjärdissä sijaitseva Taalintehtas on perustettu jo v. 1686, jolloin paikalla aloitti toimintansa masuunilaitos. Ovako Oy Ab Dalsbruk nimisenä tehdas käsittää nykyisin mm. SM-sähköuunein varustetun terästehtaan, valssaamot, teräsvalimon sekä lankavetämön. Päätuotteina ovat rakennusteräs, valssilanka, edelleen jalostetut lankatuotteet ja teräsvalut.

Tehtaalla tarvittava raakavesi otetaan alueen järvistä. Syntyvät jätevedet ja jäähdytysvedet johdetaan mereen eri kohteisiin tehtaan edustalla.

Tehtaan jätevesien vaikutusalueella tehtyjen vedenlaatuselvitysten mukaan vaikutus merialueella on hyvin vähäinen ja ilmenee ajoittaisena lievänä kiintoaine- ja rautapitoisuuden kohoamisena ja raudan aiheuttamana veden hapen kulumisena (Oy Vesi-Hydro Ab 1979). Metalliteollisuuden jätevesien erikoislaatuisten kemiallisen luonteen ja niiden sisältämien aineiden vuoksi kuormituksen todelliset vaikutukset vesistössä jäävät yleensä normaalien rutiininomaisten vedenlaatuselvitysten yhteydessä selvittämättä. Tällöin jäteveden aiheuttamat, usein hitaasti ilmenevät muutokset tulisikin pyrkiä selvittämään sekä laboratorioissa että maastossa tapahtuvien biologisten ja kemiallisten erikoisanalyysien (Luotamo & Luotamo 1976, Häkkilä 1978).

Esim. pohjaeläin- ja pohjasedimenteistä ja vesieliöistä tehtyjen raskasmetallitutkimusten on todettu varsin hyvin soveltuvan metalli- ja kemianteollisuuden jätevesikuormituksen vaikutusten selvittämiseen ja vaikutusalueen rajaamiseen (Lithner & Samberg 1976, Niemi 1976, Häkkilä ym. 1978, Luotamo & Luotamo 1979, Häkkilä 1980 ja 1980 a).

Turun vesipiirin vesitoimisto teki syksyllä 1979 alustavan sedimenttikartoituksen Ovako Oy Ab Dalsbrukin tehdaslaitoksen edustalla. Tällöin tutkittiin silmämäärin pohjan laatu 5 pisteeltä sekä tehtiin lietteestä raskasmetallianalyysijä. Vuoden 1979 tutkimuksen antamien viitteiden perusteella tehtiin alueella kesällä 1980 laajempi raskasmetalli- ja pohjaeläintutkimus. Tutkimus liittyy Ovako Oy Ab Dalsbrukin jätevesikatselmukseen ja on tehty tehtaan kustantamana toimistusionsinöörin aloitteesta. Sen tarkoituksena oli selvittää Taalintehtaan edustan pohjasedimenttien ja pohjaeläinten raskasmetallitaso sekä pohjaeläimistön tila ja rajata tehtaan vaikutusalue.

2

K U O R M I T U S J A T U T K I M U S A L U E

Teräs-, konepaja- ja pintakäsittelyteollisuuden jätevedet sisältävät yleensä mm. kiintoainetta (pääasiassa hienojakoisia raudan oksideja, rautahilsettä, hiilipölyä), öljyjä, raskasmetalleja, happoja, emäksiä, suolaa, orgaanisia ja epäorgaanisia kemikallioita (väriaineita, puhdistusliuoksia ja erilaisia lisä- ja apuaineita) (Häkkilä 1978). Raudan ja teräksen valmistuksessa joutuu jätevesiin aina pieniä määriä raskasmetalleja mm. Zn, Pb, Cr, As ja Cd (Prater 1975). Kuormitus koostuu siis pääasiassa vesistölle haitallisista (mm. kiintoainetta, rautasaostumat, öljyemulsiot) tai eliöstöön myrkyinä vaikuttavista (mm. syanidit, hapot, emäkset ja eräät raskasmetallit) aineista. Orgaaninen, vesistöä rehevöittävä kuormitus on vähäistä (Häkkilä 1978).

Seuraavassa esitetään Taalintehtaan jätevesikuormitus vuonna 1978 (Oy Vesihydro Ab 1979):

Vesimäärä	m ³ /a	750.000
Rauta	kg/a	50.000
Kupari	"	600
Sinkki	"	600
Lyijy	"	300
Kromi	"	2,5
Hapot	"	70.000

Muiden aineiden osalta kuormitukset ovat vähäisiä tai niitä ei ole selvitetty.

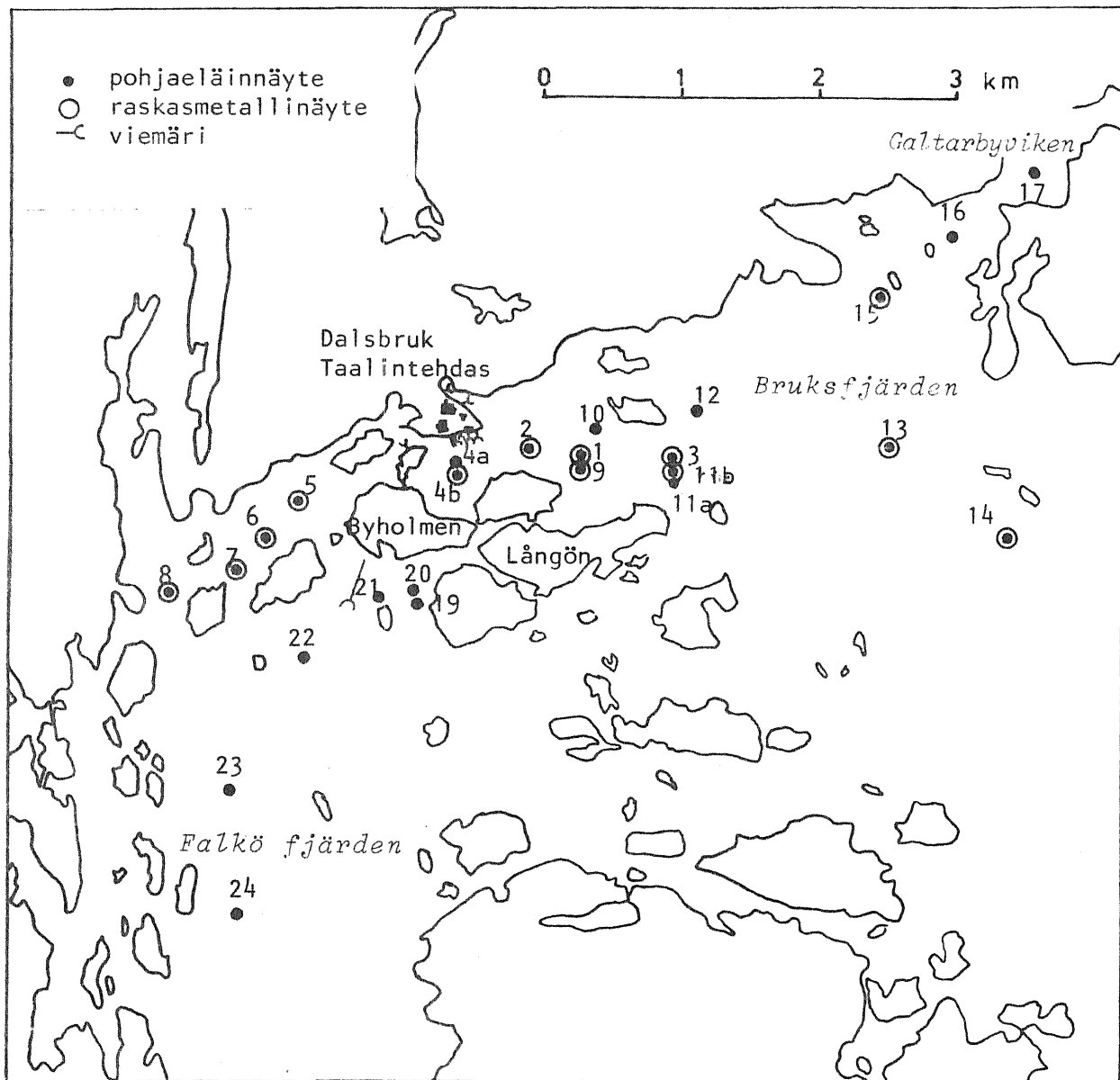
Tehtaan jätevedet johdetaan eri kohteisiin tehtaan edustalle (kuva 1). Pääosa kuormituksesta kohdistuu tehtaan eteläpuolelle jonne mm. lasketaan lankavetämön jätevedet. Tehtaan saniteettijätevedet on johdettu vuodesta 1976 lähtien yhdessä Taalintehtaan yhdyskunnan jätevesien kanssa puhdistettuina Falköfjärdenin pohjoisosaan (kuva 1).

Tutkimusalue on tyypillistä Lounais-Suomen saaristoaluetta. Tehtaan eteläpuolella on yhtenäinen saariketju (kuva 1), jonka eteläpuolella avautuu Falköfjärdenin selkä. Tehtaan itäpuolella sijaitsee avoimena Bruksfjärdenin selkä. Tehtaan ja sen edustalla olevan saarijonon välinen samoin kuin tehtaan länsipuoleinen alue ovat melko matalaa 2-5 metrin syvyistä merialuetta. Tehtaan länsipuolella esiintyy erillinen 9 metrin syväne (asema 5.). Falköfjärden on syvempää, pohjoisosastaan 10-20 m (as. 21,22 ja 8) ja eteläosistaan 20-30 (as. 23 ja 24) m syvää. Bruksfjärden on keskiosistaan 20-30 metriä syvä ja täältä johtaa Långön pohjoispuolitse tehtaan itäpuolelle ulottuva yli 20 metriä syvä painanne (as. 9 ja 11 a ja b).

Pohja on pääasiassa liejukerroksen peittämää savipohjaa. Aalloille alttiilla ranta-alueilla ja matalikoilla (< 5 m) sekä virtaisissa salmi- paikoissa pohja-aines on hiesua, hiekkaa, soraa ja kivikkoa. Alueen vesi on tyypillistä Saaristomeren murtovettä.

3 A I N E I S T O J A M E N E T E L M Ä T

Turun vesipiirin vesitoimisto otti sedimenttinäytteitä alustavaa raskasmetallikartoitusta varten syksyllä 1979 viideltä pisteeltä (kuva 1, pisteet 1-5). Näytteistä määritettiin vesihallituksen laboratoriossa kuiva-ainepitoisuus, hehkutushäviö, Fe, Zn, V, Cu, Pb, Cr, Cd, Co ja Ni. 4.-5.8.1980 otettiin sedimentti- ja simpukkanäytteitä raskasmetallimäärityksiä varten niin, että tutkimusalueen katsottiin kattavan koko tehtaan vaikutusalueen. Sedimenttinäytteet otettiin pehmeiltä liejupohjilta, joilla ilmeisesti jatkuvasti muodostuu uusia sedimenttejä. Näytteet nostettiin Ekman-Birge-pohjanoutumella, mistä otettiin osanäyte analyysiä varten. Simpukkanäytteet kerättiin Ekman-Birge-pohjanoutimella tai veneen perässä vedettävällä pohjaharalla. Ennen analysointia näytteitä säilytettiin pakastettuina etyleenimuovisissa pusseissa. Vesihallituksen laboratoriossa määritettiin 10 pisteeltä sedimenttien ja 4 pisteeltä liejusimpukan Fe, Zn, V, Cu, Pb, Cr ja Cd pitoisuudet sekä sedimenttinäytteistä kuiva-ainepitoisuus ja hehkutushäviö. Sedimenttinäytteistä analysoitiin kahden cm:n paksuinen pintakerros, kolmelta pisteeltä analysoitiin pehmeiden kudosten metallipitoisuus. Tulos edustaa 30-50 simpukan keskiarvoa.



Kuva 1. Tutkimusalue ja näytteenottopisteet

Pohjaeläinnäytteitä kerättiin 4.-5.8.1980 yhteensä 23 näyteasemalta (kuva 1), jotka sijoittuvat 4-25 metrin syvyydelle seuraavasti:

4 - 10 m	9 asemaa
10 - 20 m	8 "
20 - 25 m	6 "

Asemien syvyys määritettiin kaikuluotaimella.

Näytteet nostettiin Ekman-Birge pohjanoutimella, jonka pinta-ala oli 294 cm^2 . Sillä otettiin kolme nostoa/asema, jolloin näytealaksi tuli 882 cm^2 . Asemalta 11a otettiin vain yksi nosto.

Näytteet seulottiin $0,5 \text{ mm}$:n seulalla ravistelemalla seulosta veden pinnassa. Seulosa säilöttiin neutraloituun 4% :n formaliiniin. Pohjaeläimet poimittiin Wild M 5 preparointimikroskooppia ja 6-12 kertaista suurennosta käyttäen.

Eläimet määritettiin lajin tarkkuudella. Harvasukasmatojen määrittäminen suoritettiin Brinkhurstin (1971) ja Brinkhurst & Jamiesonin (1971) mukaan. Surviaissääsken toukat määritettiin alaheimojen ja ryhmien tarkkuudella, minkä lisäksi erotettiin Chironomus plumosus-tyyppi. Eläimistä ilmoitetaan tiheys ja formaliinimärkápaino neliömetriä kohden.

4 T U L O K S E T J A N I I D E N T A R K A S T E L U

4.1 POHJAN LAATU

Pohjan laatu arvioitiin silmämäärin 25 asemalta (kuva 2). Pohja oli yleensä pehmeätä sedimentaatiopohjaa. Pinnalla oli muutaman sentin paksuinen lieju tai saviliejukerros jonka alla oli savi. Asemalla 3 syvänteen reunalla pohja-aineksessa oli runsaasti hiesua (liejuista silttiä). Jätevesikuormituksen vaikutuksesta pohjan happitilanne oli häiriintynyt voimakkaasti tehtaan edustalla asemilla 4 a ja b, tehtaan länsipuolella asemalla 5 sekä saniteettijätevesien purkualueella asemilla 20 ja 21, missä pohjalliete oli täysin hapetonta. Pohjan happitasapaino oli häiriintynyt myös asemilla 2, 6, 8, 9, 11 a, 11 b, 12, 13 ja 22, missä hapettuneen pintakerroksen alla esiintyi tummaa liejua tai sulfidiraitoja. Punaruskeaa rautasakkaa esiintyi runsaasti vain asemilla 4 a ja 4 b sekä vähäisessä määrin asemalla 2.

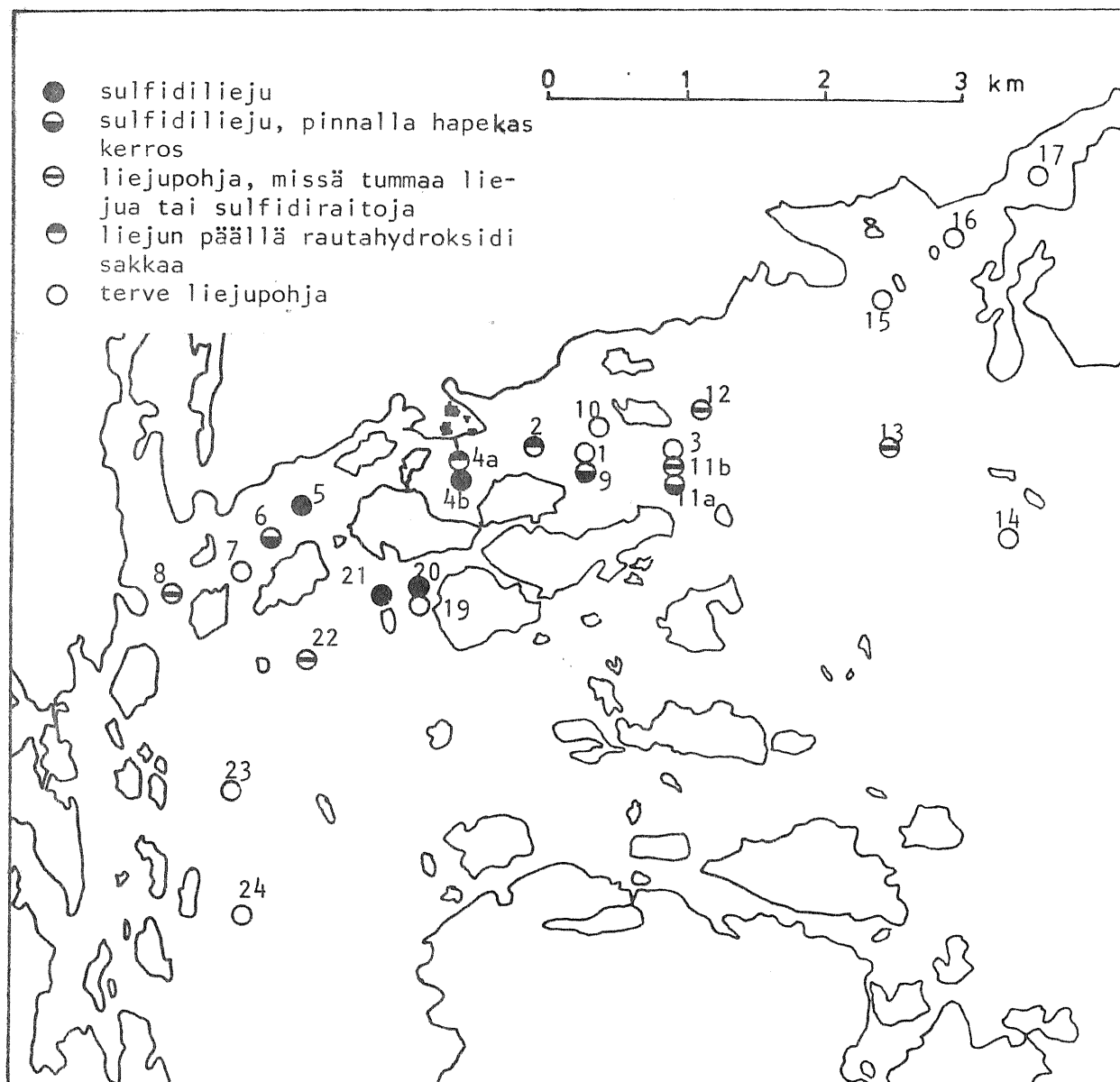
Raskasmetallinäytteistä määritettiin lietteen kuiva-ainepitoisuus ja hehkutushäviö (Taulukko 1). Kuiva-ainepitoisuus vaihteli pintanäytteissä välillä 6,3-28 % ja hehkutushäviö välillä 8,6-14 %. Näytteet edustavat tyypillisiä rannikkoalueen sedimentoitumispohjia. Melko korkea hehkutushäviö (14-16 %) varsinkin syväneasemilla osoittaa sedimentaation olevan melko voimakasta. Tästä huolimatta happitilanne on puhtailla pohjilla pysynyt hyvänä. Häiriöt keskittyvät jätevesien purkualueille ja johtuvat jätevesistä sekä pohjaan laskeutuneista, jätevesistä peräisin olevista aineista. Asemalla 3 kuiva-ainepitoisuus oli muita suurempi (28 %) ja hehkutushäviö pienempi (8,6 %) ja sedimenteissä oli hiesua. Tällä asemalla sedimentaatio on hitaampaa ja aines karkeampaa kuin muilla alueilla.

4.2 SEDIMENTTIEN RASKASMETALLIT

4.2.1 Yleistä

Raskasmetallit kuuluvat luonnollisina rakenneosina vesiekosysteemiin ja niitä esiintyy ekosysteemin eri osissa (vedessä, sedimenteissä, eliöissä) kullekin osalle luonteenomaisina suhteellisen vakioina pitoisuuksina. Ne ovat peräisin kallioperän rapautumisesta (minerogeeninen alkuperä). Raskasmetalleja pääsee luontoon nykyisin yhä kasvavia määriä myös ihmisen toiminnan seurauksena (antropogeeninen alkuperä).

Ihmistoiminnan aiheuttama lisääntynyt raskasmetallikuormitus aiheuttaa mm. metallien rikastumista pohjasedimenttien pintakerrokseen ja vesieliöihin. Raskasmetallipäästöjen vaikutukset ulottuvat hyvin laajalle ympäristöön. Kohonneet pitoisuudet voivat olla peräisin läheisestä kuormituslähteestä taikka ne ovat voineet tulla kaukokulkeutumana hyvinkin etäältä. Mm. pääosan lyijystä, elohopeasta ja kadmiumista uskotaan leviävän ilmakehän kautta (Brzezińska & Carbalewski 1978, Hansen ym. 1979, Lantzy & McKenzie 1979). Tästä johtuen nykyisten pintasedimenttien metallipitoisuudet saattavat olla melkoisesti korkeampia kuin vanhojen satoja vuosia sitten syntyneiden kerrosten taustataso (esim. Erlenkeuser ym. 1974). Lisäksi eräillä metalleilla on taipumus kerääntyä esim. Itämeren syvänteisiin, joissa pitoisuus saattaa olla huomattavan korkea (esim. Beijer 1978), jolloin syvänteiden ja rannikkoalueiden metallipitoisuuksia ei aina voida suoraan verrata keskenään.



Kuva 2. Pohjan laatu tutkimuspisteillä

Jätevesien purkualueelle tulevasta raskasmetallikuormituksesta osa leviää esim. veteen liuenneena hyvin laajalle alueelle (Boström ym. 1978, Galloway 1979). Osa metalleista (varsinkin kiintoainekseen sitoutunut) sedimentoituu ja rikastuu aina myös purkualueen lähiympäristöön, missä yleensä tavataan myös suurimmat pitoisuudet. Näin sedimenttien ja eliöstön raskasmetallipitoisuuksia voidaan tehokkaasti käyttää vesistöön kohdistuvan kuormituksen ja jätevesien vaikutusalueen ilmentäjänä (esim. Lithner & Samber 1976, Niemi 1976, Varmo 1976, Luotamo & Luotamo 1979, Häkkinä 1980 ja 1980 a).

4.2.2 Sedimenttinäytteiden raskasmetallipitoisuudet

Analysoitujen näytteiden kuiva-ainepitoisuudet, hehkutushäviö ja raskasmetallipitoisuudet esitetään taulukossa 1. Kuvassa 3 esitetään pintasedimentin raskasmetallipitoisuuksien riippuvuuksia tehtaan ja näyteaseman välisestä etäisyydestä.

Rauta

Tutkittujen pintasedimenttinäytteiden rautapitoisuus vaihteli välillä 39,5-166 g/kg (taulukko 1). Suurin pitoisuus esiintyi pisteellä 4 tehtaan edustalla ja pienin Bruksfjärdenillä pisteellä 15.

Selkämeren ja Itämeren syvien alueiden pehmeiden sedimenttien rautapitoisuus vaihtelee yleensä välillä 30-80 g/kg. Suurimmillaan se on syvänteissä ja pienenee rannikkoa lähestyttäessä tai sedimenttien mineraaliaineksen lisäantyyssä (Mannheim 1961, Voipio & Niemistö 1975, Boström ym. 1978, Häkkinä 1980 a).

Taulukko 1. Dalsbrukin edustan merialueelta otettujen sedimenttinäytteiden (0-2 cm pinnasta) laatu ja raskasmetallipitoisuudet

Näyte- asema	Syv. m	Kuiva- aine %	Hehk. häviö %	Fe g/kg	Zn metallit	V	Cu	Pb	Cr	Cd	Co	Ni
8	15,5	13	16	50	250	120	60	83	60	0,5		
7	7,5	20	13	46	240	92	63	80	56	0,4		
7(8-10 cm)	7,5	25	12	64	150	91	41	43	53	0,5		
6	7	21	15	65	360	110	94	140	80	0,5		
5	8,5	17	15	67	310	62	100	160	81	1	31	50
5(10-12 cm)	8,5	24	14	47	180	55	65	120	64	1	30	50
4	7	18	12	166	490	69	180	610	230	2	40	51
2	10	19	14	72	350	90	86	180	75	1	35	52
9	17	13	15	69	340	130	87	150	74	0,6		
1	12	16	12	52	290	94	57	110	70	1	30	57
11	22	15	15	57	240	130	59	93	63	0,6		
3	12,5	28	8,6	37	170	110	37	64	49	1	32	49
13	25	18	14	47	270	110	59	69	59	0,7		
14	25	16	10	44	150	87	36	43	41	0,4		
15	16	6	14	40	240	99	44	59	52	0,5		
15(18-20 cm)	16	42	11	46	130	120	38	26	53	0,3		

Rannikko- ja saaristoalueilla pintasedimenttien rautataso vaihtelee välillä 25-45 g/kg (Luotamo & Luotamo 1979, Häkkinä 1980 b).

Taalintehtaan edustalla vanhojen sedimenttien rautapitoisuus (piste 7) on tähän nähden varsin korkea, mutta kuten jo aiemmin todettiin saattaa tämä olla seurausta aiemmasta, nykyistä suuremmasta rautakuormituksesta.

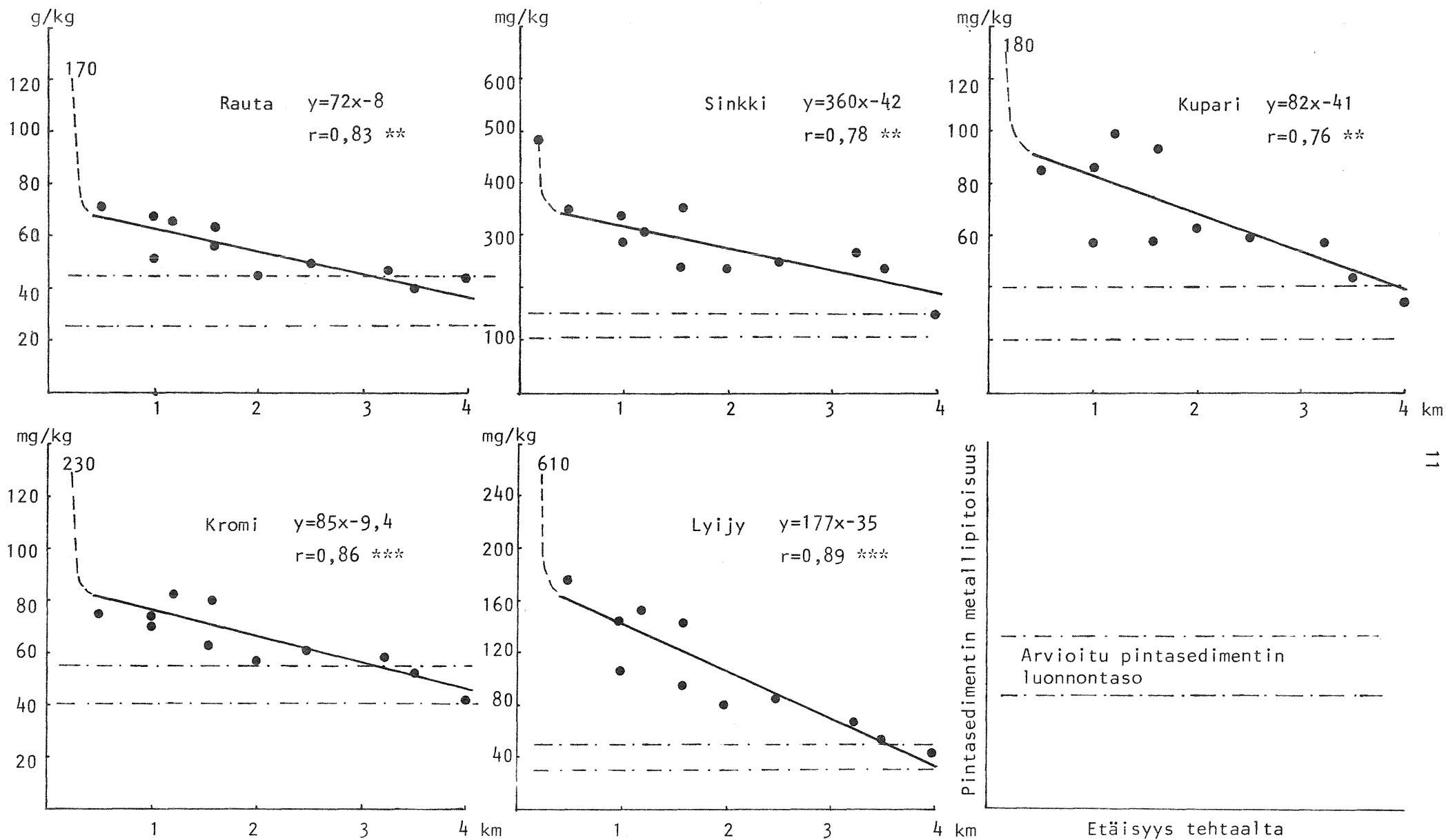
Nykyisten pintasedimenttien rautapitoisuus on merkitsevästi riippuvainen tehtaan ja näytteenottopaikan välisestä etäisyydestä ja pitoisuudet pienenevät etäälläntäessä tehtaasta (kuva 3). Sedimenttien rautapitoisuus on selvästi kohonnut noin kahden kilometrin säteellä tehtaasta.

Sinkki

Pintasedimenttien sinkkipitoisuus vaihteli välillä 150-490 mg/kg (taulukko 1). Suurin pitoisuus esiintyy tehtaan edustalla ja pitoisuus pienenee etäisyyden tehtaalle kasvaessa.

Likaantumattomien merialueidemme pohjasedimenttien sinkkitasona voidaan pitää 120-150 mg/kg (Varmo 1976, Luotamo & Luotamo 1977 ja 1979, Häkkinä 1980 a ja b).

Dalsbrukin edustalla vanhojen sedimenttien sinkkipitoisuudet olivat 134 ja 154 mg/kg. Pintasedimenteissä taso oli korkeampi. Vain Bruksfjärdenin pisteen 14 voidaan katsoa edustavan luonnon tasoa. Tehtaan jätevesien vaikutukset sedimentin sinkkipitoisuuteen ulottuvat ainakin vajaan neljän kilometrin etäisyydelle (kuva 3).



Kuva 3. Sedimentin pintakerroksen (0-2 cm) rauta-, sinkki-, kupari-, kromi- ja lyijypitoisuuksien riippuvuus näytteenottopaikan ja tehtaan välisestä etäisyydestä. Riippuvuutta laskettaessa ei mukaan ole otettu purkukohdan lähintä pistettä eikä pohjan laadultaan muista poikkeavaa pistettä 3

Vanadiini

Tutkittujen sedimenttien vanadiinipitoisuus vaihteli välillä 55-130 mg/kg (taulukko 1). Pitoisuudet jakaantuivat sikäli poikkeuksellisesti, että alhaisin vanadiinitaso vallitsi tehtaan välittömässä läheisyydessä.

Sedimenttien luonnontaso käytetyn analyysimenetelmän mukaan lienee 60-90 mg/kg (Häkkilä, julkaisematon aineisto). Pitoisuudet tutkitulla alueella ovat lähellä luonnontasoa tai ovat hieman kohonneet (1-3 kilometrin etäisyydellä tehtaasta). Pienehköt pitoisuudet tehtaan läheisyydessä saattavat johtua jostain sedimenttien sisältämästä analyysiä häiritsevästä aineesta.

Kupari

Pintasedimentin kuparipitoisuudet vaihtelivat välillä 36-180 mg/kg (taulukko 1). Suurin pitoisuus tavattiin tehtaan edustalla ja pienin etäisimmällä pisteellä 14. Vanhempien sedimenttien pitoisuudet olivat 38 ja 41 mg/kg.

Vanhojen sedimenttien taustatasona sekä likaantumattomien rannikkoalueiden pintasedimenttien perustasona voidaan pitää pitoisuusaluetta 20-40 mg/kg. Likaantuneilla rannikkoalueilla ja Itämeren syvissä osissa pitoisuus on korkeampi (Mannheim 1961, Erlenkeuser ym. 1974, Varmo 1976, Boström ym. 1978, Luotamo & Luotamo 1979, Häkkilä 1980 a ja b).

Nyt tutkitulla alueella voidaan Bruksfjärdenin pisteiden 14, 15 sekä 3 katsoa edustavan normaalitasoa. Pitoisuus on kohonnut n. 4,5-kertaiseksi tehtaan edustalla ja 2-kertaiseksi noin 2 km:n etäisyydelle. Selvä vaikutus ulottuu vajaan neljän kilometrin etäisyydelle (kuva 3).

Kromi

Tutkittujen pintasedimenttien kromipitoisuus vaihteli välillä 41-230 mg/kg (taulukko 1). Vanhemmissa sedimenteissä kromia oli 53 mg/kg.

Vanhojen sedimenttien taustataso Pohjanlahdella on 10-30 mg/kg (Häkkilä 1979 ja 1980 a). Itämeren syvänteissä sedimentin kromipitoisuus on korkeampi, noin 90 mg/kg (Mannheim 1961, Boström ym. 1978). Rannikko- ja saaristoalueilla pintasedimenttien kromipitoisuus on 40-55 mg/kg puhtailla ja 50-100 mg likaantuneilla alueilla (Varmo 1976, Häkkilä 1980 a ja b).

Taalintehtaan pintasedimentin luontaisena kromipitoisuutena voidaan pitää 40-50 mg/kg. Tehtaan vaikutus ulottuu noin kolmen kilometrin etäisyydelle.

Lyijy

Pintasedimenttien lyijypitoisuus vaihteli välillä 43-610 mg/kg (taulukko 1). Suurin pitoisuus esiintyi tehtaan edustalla ja pienin etäisimmällä pisteellä Bruksfjärdenillä.

Lyijyn taustataso Itämeren vanhoissa sedimenteissä on 10-30 mg/kg (Erlenkeuser ym. 1974, Luotamo & Luotamo 1979, Häkkilä 1980 a). Nykyisten pintasedimenttien pitoisuus on korkeampi, rannikoillamme taso lienee 30-50 mg/kg (Varmo 1976, Häkkilä 1980 a ja b).

Sedimenttien lyijytaso on noussut 13-14-kertaiseksi Taalintehtaan edustalla (as. 4), noin 3-kertaiseksi 1,5 km:n ja noin 2-kertaiseksi 2,5 km:n etäisyydelle tehtaasta. Tehtaan vaikutus ulottuu selvästi 3,5 kilometrin etäisyydelle (kuva 3).

Kadmium

Sedimenttien kadmiumpitoisuus vaihteli välillä 0,3-2 mg/kg. Vuonna 1979 (pisteet 1-5) kadmiumanalyysin erotusraja oli 1 mg/l, vuonna 1980 pystyttiin kadmium analysoimaan tarkemmin. Ero eri vuosina on näinollen ilmeisesti näennäinen ja 1979 analysoidut pitoisuudet (1 mg/kg) lienevät todellisuudessa samaa suuruusluokkaa kuin vuonna 1980 analysoidut. Kadmiumpitoisuudet tutkitulla alueella vastaavat suunnilleen Itämeren alueella tavattavaa tasoa tai ovat vain hieman kohonneet (Erlenkeuser ym. 1974, Luotamo & Luotamo 1979, Häkkinä 1980 a). Selvästi kohonnut arvo todettiin vain tehtaan edustalla (piste 4). Kadmiumpitoisuudet alueella ovat varsin pieniä jos niitä verrataan eräiden teollisuuslaitosten tai asutuskeskusten likaamilta alueilta tavattuihin (Varmo 1976, Luotamo & Luotamo 1979, Häkkinä 1980 a), mikä on osoituksena suhteellisen vähäisestä kadmiumkuormituksesta.

Koboltti ja nikkeli

Koboltti ja nikkelpitoisuuksia tutkittiin vain 5 pisteeltä vuonna 1979. Kobolttipitoisuus vaihteli välillä 30-40 ja nikkelpitoisuus 50-57 mg/kg. Pitoisuudet olivat samaa suuruusluokkaa kaikilla pisteillä eikä riippuvuutta etäisyyden suhteen voida osoittaa. Tulokset osoittavat, ettei tehtailta tule merkittävää koboltti- tai nikkelikuormitusta vaan sedimenttien pitoisuudet vastannevat alueelle tyypillistä luontaista tasoa.

4.3 LIEJUSIMPUKAN RASKASMETALLIT

Liejusimpukan raskasmetallipitoisuudet esitetään taulukossa 2.

Taulukko 2. Liejusimpukan (*Macoma baltica*) raskasmetallipitoisuudet Dalsbrukin edustalla

Näyte- piste	Kuiva- aine %	Fe g/kg	Zn	V	Cu mg/kg	Pb	Cr	Cd
1	16	6,7	1240	6,2	170	8,0	6,5	1,6
3	15	4,5	1730	7,8	130	1,7	4,5	4,5
15	8	3,1	690	7,5	69	2,4	3,7	1,5
18	9	3,8	820	7,5	160	4,6	4,6	1,6

Simpukkanäytteet edustavat jätevesien vaikutusaluetta (18,1 ja 3) sekä aluetta, missä vaikutus on hyvin vähäinen (15).

Suurimmat metallipitoisuudet tavattiin yleensä pisteillä 1 ja 3 sekä 18. Pisteellä 15 simpukoiden metallipitoisuudet edustavat yleensä normaaleja merialueillamme tavattuja arvoja (Fe, V, Pb, Cr ja Cd) tai ovat lievästi kohonneita (Zn ja Cu) (Voipio ym. 1977, Häkkinä 1980 a ja Häkkinä, julkaisematon aineisto).

Selvästi kohonneita pitoisuuksia edustavat Fe pisteellä 1, Zn ja Cu pisteillä 1, 3 ja 18, Pb pisteellä 8, Cr pisteellä 1 ja Cd pisteellä 3. Lähinnä tehdasta (piste 18) simpukat on otettu sorapohjalta rantavyöhykkeestä, koska pehmeän pohjan simpukat olivat tuhoutuneet jäteveden vaikutuksesta. Näin pisteen 18 tulokset eivät ole täysin vertailukelpoisia pisteiden 1 ja 3 tulosten kanssa, mikä osaltaan selittää myös pienemmät metallipitoisuudet tällä lähinnä tehdasta sijaitsevalla alueella.

4.4 POHJAEÄIMISTÖN TILA

4.41 Likaantumisyöhykkeiden määrittäminen

Saaristomeren rehevöitymistä on seurattu pohjaeläimistön avulla jo 1960-luvulta lähtien ja tällöin on luotu likaantumisen indikaattorijärjestelmiä,

jotka perustuvat pohjaeläinten määrissä sekä lajikoostumuksessa havaitta-
viin muutoksiin (Leppäkoski 1975).

Itämeren alkuperäisessä pohjaeläimistössä valtalajeina ovat valkokatka (*Pontoporeia affinis*) ja liejusimpukka (*Macoma baltica*), joiden lisäksi neliömetrillä tavataan muutamia yksilöitä puhtaan veden ilmentäjinä moni-
sukasmatoa (*Harmothoe sarsi*) ja makkaramatoa (*Halicryptus spinulosus*).
Matalalla pohjalla lajisto on monipuolisempi ja edellisten lisäksi tavataan lukuisa joukko muita äyriäisiä (*Corophium*, *Gammarus*, *Iaera*), simp-
koita (*Cardium*, *Mytilus*, *Mya*), kotiloita (*Hydrobia*) ja hyönteisiä
(*Chironomidae*).

Likaantumisen alkuvaiheessa lisäävät alkuperäisen eläimistön lajit yksilö-
tiheyksiään ja biomassaansa, joidenkin herkimpien lajien vähentyessä. Näi-
den likaantumisyvyöhykkeitä nimitetään puoliterveeksi tai puoliliikaantuneeksi.
Tärkeimmät luokitteluperusteet ovat liejusimpukan (*Macoma*) biomassa, joka
on selvästi luonnontilaista tasoa korkeampi (noin 300-500 g/m²) sekä valko-
katkan (*Pontoporeia*) tiheys, joka eroaa luonnontilaisesta riippuen likaan-
tumisen luonteesta.

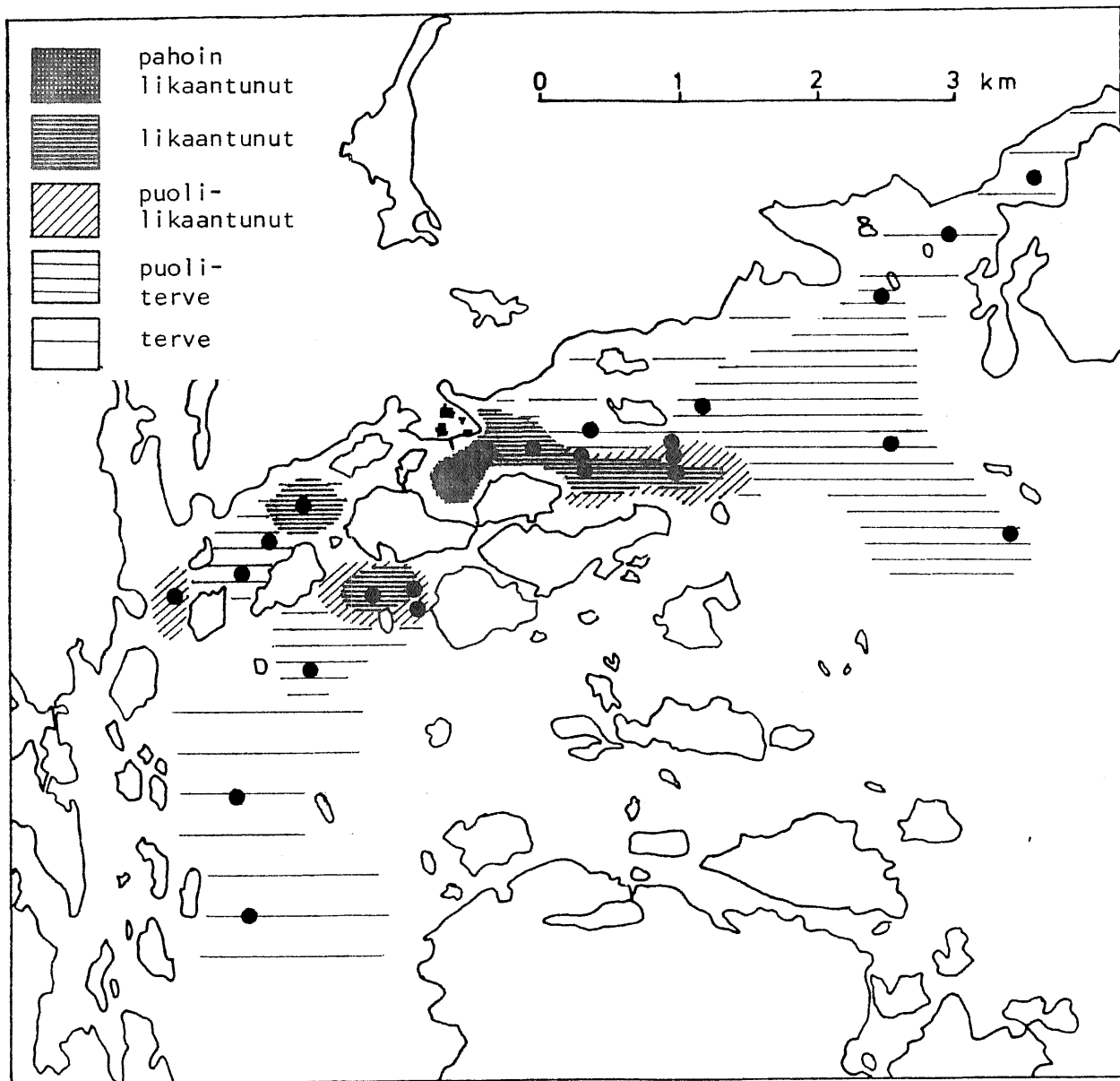
Likaantumisen voimistuessa häviää alkuperäinen mereinen lajisto lähes koko-
naan korvautuen makean veden surviaistoukilla (*Chironomidae*) ja harvasukas-
madoilla (*Oligochaeta*). Nämä ovat sopeutuneet elämään pitkiäkin aikoja
alhaisissa happipitoisuuksissa ja voivat kilpailun puuttuessa saavuttaa
suuria yksilötiheyksiä. Tätä vyöhykettä kutsutaan liikaantuneeksi. Tyy-
pillistä sille on pohjalietteen ajoittainen hapettomuus, mikä ilmenee musta-
na sulfidiliejuna. Simpukkayhteisön puuttuminen aiheuttaa sen, että pohja-
eläimistön biomassa on vain muutamia grammoja neliömetrillä.

Aivan jätevesien purkukohdan edustalla pohjaeläimistö on yleensä tuhoutunut
kokonaan ja syynä ovat pohjalietteen jatkuva hapettomuus tai myrkyllisten
jäteaineiden korkeat pitoisuudet. Tätä vyöhykettä nimitetään pahoin
liikaantuneeksi.

Oheisessa tutkimuksessa näytepisteet pyrittiin sijoittamaan sekä jätevesien
vaikutuspiiriin sekä luonnontilaisena pidettävälle alueelle, jotta edellä
esitetyt likaantumisyvyöhykkeet pystyttiin määrittämään. Lisäksi oli käy-
tettävissä Oy Lohja Ab:n teettämän pohjaeläintutkimuksen vertailuaineistoa
Galtarbyvikenin (Vestanfjärd) ja Tolvsnäsfjärdenin (Kemiö) lahdista, jotka
muistuttavat luonnonolosuhteiltaan nyt tutkittavaa Taalintehtaan jätevesien
vaikutusalueetta (Mölsä 1981). Saaristomerellä on tehty lisäksi useita seu-
ranta- ja velvoitetutkimuksia, jotka ovat menetelmiensä puolesta myös ver-
tailukelpoisia nyt tehdyn tutkimuksen kanssa (Juuti & Leppäkoski 1976,
Mölsä & Häkkinä 1979, Rajasilta & Vuorinen 1979, jne.).

4.4.2 PAHOIN LIKAANTUNUT POHJA

Pahoin liikaantuneeksi luokiteltiin pohja aivan tehtaan jätevesien purku-
alueella (kuva 4). Pohjaeläimistö oli lähes kokonaan tuhoutunut 5 hehta-
arin suuruiselta alueelta. Pohjalietteen pinnalla oli 2-4 cm:n paksuinen,
punaruskea rautapitoinen kerros. Tämän alla tavattiin hapeton musta sul-
fidilieju, missä pohjaeläimistö ei pysty elämään. Ainoina eläiminä tavat-
tiin muutamia *Chironomus plumosus*-surviaistoukkia, jotka olivat hyvin
heikkokuntoisia sekä yksi satunnainen valkokatka.



Kuva 4. Likaantumisyöhykkeet pohjaeläimistön perusteella

4.4.3 LIKAANTUNUT POHJA

Noin puolen kilometrin etäisyydellä tehtaasta pohjan tila oli edelleen heikko. Vallitsevana pohjan laatuna oli musta sulfidilieju, jonka pinnalla oli vain muutaman millimetrin paksuisia hapettuneita läiskiä. Lietteessä tavattiin vielä ohut rautasakan aiheuttama punaruskea kerros. Samanlainen pohjan tila vallitsi vielä 1 ja 1,5 kilometrin etäisyydellä tehtaasta sijaitsevien näytelinjojen syvänteissä. Pohjaeläimistön mukaan nämä alueet luokiteltiin likaantuneeksi. Likaantuneen vyöhykkeen pinta-alaksi, tehtaan itäpuolella arvioitiin $0,4 \text{ km}^2$ (kuva 4).

Alueen pohjaeläimistölle ominaista oli alhainen lajiluku, yksilötiheys sekä biomassa (taulukko 3).

Taulukko 3. Likaantunut pohja. Vyöhykkeen kokonaiseläinmäärä sekä valtalajien tiheydet (yks/m²) ja biomassat (g/m²)

Näyteasemat:	2, 9, 11 A, 5, 20, 21	Kok. tiheys:	685 yks/m ²		
Syvyydet:	8,5-22 m	Kok. biomassa:	10,6 g/m ²		
Lajiluku:	2-6 (keskim. 4 lajia/as)				
Laji/Ryhmä	Frekv.	Keski- tiheys	Max. tiheys	Keski- biom.	Max. biom.
	%	yks/m ²	yks/m ²	g/m ²	g/m ²
Chironomus plumosus	100	360	830	8,0	27,3
Oligochaeta	100	100	590	0,6	2,2
Pontoporeia affinis	80	70	200	0,2	0,3
Macoma baltica	40	10	20	+	9,3
Tanypodinae	40	40	140	+	+

Lajisto koostui pääosaltaan likaantumisen indikaattoreista, surviaistoukista (*Chironomus plumosus*-t., Tanypodinae) ja harvasukasmadoista (*Potamothrix hammoniensis*). Alkuperäinen eläimistön valtalaji liejusimpukka (*Macoma*) puuttui lähes kokonaan, minkä vuoksi kokonaisbiomassa jäi hyvin alhaiseksi, 11 g/m². Tämä oli vain 5 % luonnontilaisista arvoista. Pieniin yksilötiheyksiin vaikuttaa myös menetelmistä johtuva seulontatappio, joka on merkittävä juuri tämän likaantumisyvyöhykkeen lajistossa. Lietteen hapettuneessa osassa tavattiin likaantumisen suhteen herkkänä pidettävää valkokatkaa 50-200 yks/m², mistä voidaan päätellä lietteen pinnan pysyneen ohuelti hapettuneena pitempiäkin aikoja. Tosin laji saattaa kulkeutua alueelle satunnaisesti suotuisina aikoina muutamaa metriä matalammilta pohjilta, missä sen tiheydet olivat 500-2500 yks/m².

Vastaavanlainen likaantumisyvyöhykkeisyys on syntynyt tehtaan länsipuolelle (asemat 5-8) sekä Dalsbrukin asumisjätevesien purkualueelle (asemat 20-21) (kuva 4). Likaantuneeksi luokiteltiin asema 5:n kohdalla oleva 8,5 metrin syväne, missä alkuperäisestä simpukkayhteisöstä olivat jäänteinä tyhjat kuoret. Tilalla oli surviaistoukka-harvasukasmatoiyhteisö, jonka biomassa oli alhainen. Syvänteen pinta-ala on 0,1 km².

Dalsbrukin asumisjätevesien purkualueella liete oli hapeton 15-20 metrin syvänteen alueella, pinta-alaltaan 0,1 km². Surviaistoukkien biomassa 27,3 g/m² oli tutkimuksen korkein, mikä kuvastaa runsasta orgaanisen aineen keräytymistä pohjalietteeseen. Vuonna 1974 alueella vallitsi luonnontilainen valkokatka-liejusimpukkayhteisö (Suunnittelukeskus 1974).

4.44 Puolilikaantunut pohja

Puolilikaantuneelle vyöhykkeelle tyypillistä on alkuperäisen mereisen lajiston voimakas lisääntyminen, varsinkin liejusimpukan (*Macoma*) biomassa kasvu. Samalla tavataan lajistossa limnistä alkuperää olevia likaantumisen indikaattoreita (Leppäkoski 1975). Pohja luokiteltiin puolilikaantuneeksi edellisen vyöhykkeen ulkopuolella asema 11 B:n tulosten mukaan (kuva 4). Syvyyttä oli tällöin 21 m eli vain metri vähemmän kuin asemalla 11 A, joka kuului likaantuneeseen vyöhykkeeseen. Täysin hapeton ja eläimistöltään niukka syväne oli tässä tapauksessa varsin kapea-alainen. Välittömästi sen ulkopuolella lietteen rehevöityminen on lisännyt pohjaeläinten biomassaa huomattavasti. Se oli 540 g/m², mistä valtaosa koostui liejusimpukasta.

Tehtaan länsipuolella asemalla 8 tavattiin ympäristöstään selvästi poikkeava kokonaisbiomassa 490 g/m², minkä vuoksi se nimettiin puolilikaantuneeksi. Tämä erillinen syväne toimii sedimentoitumisalueena ja tästä ravinteisuuden kasvusta olivat hyötäneet eniten liejusimpukka ja valkokatka. Samoin oli harvasukasmatojen tiheys tutkimuksen korkeimpia ja lajina oli mereinen *Tubifex costatus*.

Kuvan 5 mukaan liejusimpukan biomassa oli puolilikaantuneilla asemilla selvästi korkeampi kuin muiden vyöhykkeiden vastaavissa syvyyksissä. Keskihiomassa oli 450 g/m^2 ja tiheys 1600 yks/m^2 (taulukko 4). Koko vyöhykkeen keskihiomassa oli samaa suuruusluokkaa kuin Turun edustan merialueen puolilikaantuneessa osassa (Rajasilta & Vuorinen 1979). Vertailuaineistoa vuodelta 1974 on vain pisteeltä 19, ja siihen nähden biomassa oli nyt kohonnut lähes kolminkertaiseksi (Suunnittelukeskus 1974).

Luonnontilassa pisteellä 19 tavattiin valkokatkaa noin 6300 yks/m^2 , mistä arvosta tiheys oli laskenut likaantumisen vuoksi alle puoleen.

Luonnontilaisina pidettäviin Galtarbyvikenin lahden sekä lounaissuunnan etäisimpien tutkimuspisteiden eläimistöön nähden poikkeavia piirteitä havaittiin kokonaisbiomassassa sekä lajistossa.

Vyöhykkeen keskihiomassa 390 g/m^2 oli 20 % korkeampi kuin vertailualueilla. Suurin osa tästä koostui liejusimpukasta jonka biomassa oli keskimäärin 250 g/m^2 (taulukko 5). Liejusimpukan biomassan syvyysuuntainen jakauma ilmenee kuvasta 5, jonka mukaan se kasvoi 5 metristä 25 metriin mentäessä. Tämä kuvastaa sedimentaation määrää pehmeäpohjaisissa syvänteissä. Hapipitoisuuden ollessa riittävän korkea kautta vuoden kaikki mereistä alku-perää olevat lajit, valkokatka mukaan lukien, ovat lisääntyneet. Tästä syystä esimerkiksi Bruksfjärdenin asemien 13 ja 14 biomassat olivat poikkeuksellisen korkeita (noin 400 g/m^2), mikä oli kaksinkertainen samansyvyisillä asemilla 23 ja 24 havaittuihin arvoihin verrattuna.

Kemiön Tolvsnäsfjärdenillä havaittiin samansuuntainen Macoman biomassan vertikaalijakauma: pienin se oli lahden sisäosissa ja suurimmillaan syvänteissä, noin 300 g/m^2 (Mölsä 1981).

Molemmilla Bruksfjärdenin tutkimusasemilla valkokatkan tiheydet ($350\text{--}1000 \text{ yks/m}^2$) olivat alentuneet Galtarbyvikenin 16 metrin arvoon (1700 yks/m^2) verrattuna. Ne olivat kuitenkin samaa luokkaa kuin asemilla 23 ja 24.

Kemiön Tolvsnäsfjärdenillä suurimmat valkokatkan tiheydet havaittiin vuonna 1980 21 metrin syvyydessä, josta saatiin 230 yks/m^2 . Laji puuttuu kokonaan Norrångsvikeniltä, missä vaikuttavat Oy Lohja Ab:n fluoripitoiset jätevedet.

Etelä-Airistolla valkokatkan tiheydet luonnontilassa olivat 4100 yks/m^2 (Rajasilta & Vuorinen 1979). Valkokatkan tiheyksien voidaan siis katsoa Bruksfjärdenillä jonkin verran alentuneen likaantumisen vaikutuksesta.

Taulukko 4. Puolilikaantunut pohja. Vyöhykkeen kokonaiseläinmäärä sekä valtalajien tiheydet (yks/m^2) ja biomassat (g/m^2)

Näyteasemat:	11 B, 19, 8	Kok. tiheys:	4370 yks/m ²		
Syvyudet:	12,5-21 m	Kok. biomassa:	465,0 g/m ²		
Lajiluku:	6-12 (keskim. 9 lajia/as)				
Laji/Ryhmä	Frekv.	Keski- tiheys	Max. tiheys	Keski- biom.	Max. biom.
	%	yks/m ²	yks/m ²	g/m ²	g/m ²
Macoma baltica	100	1470	1620	451,1	527,4
Pontoporeia affinis	100	2410	2530	10,0	11,3
Tanypodinae	100	140	350	0,3	0,4
Oligochaeta	100	240	520	0,3	0,4
Halicryptus spinulosus	100	10	10	2,6	5,2

Myös valkokatkan tiheys oli huomattavan korkea (keskimäärin 2400 yks/m²), minkä vuoksi vyöhykkeen erottaminen seuraavasta puoliterveestä oli vaikeaa. Tärkeimpinä kriteereinä pidettiin liejusimpukan korkeaa biomassaa, harvasukasmatojen tiheyttä sekä muiden puhtaan veden lajien vähyyttä (taulukko 4 ja kuva 5).

4.45 Puoliterve pohja

Luonnontilaisesta lievästi poikkeava eläimistö tavattiin tehtaalta itään kilometrin päässä olevalta tutkimuslinjalta 12 metrin syvyydellä sekä kahden kilometrin päässä alkavalta Bruksfjärdin merialueelta missä jätevesien vaikutukset rajoittuivat suurimpiin syvyyksiin. Puoliterveeksi luokiteltiin myös matalat alueet tehtaan länsipuolella, missä syvyyttä oli noin 7 metriä (kuva 4).

Dalsbrukin asumisjätevesien aiheuttamaa lievää rehevöitymistä ilmeni asemalla 22, noin kilometrin etäisyydellä purkukohdasta.

Pohjan laatu ei tässä vyöhykkeessä juuri poikennut luonnontilasta eikä lietteessä ilmennyt häiriöitä happitasapainossa. Asemalla 12 savessa esiintyi mustia sulfidiraitoja, mikä viittaa lievään rehevöitymiseen.

Taulukko 5. Puoliterve pohja. Vyöhykkeen kokonaiseläinmäärä sekä valtalajien tiheydet (yks/m²) ja biomassat (g/m²)

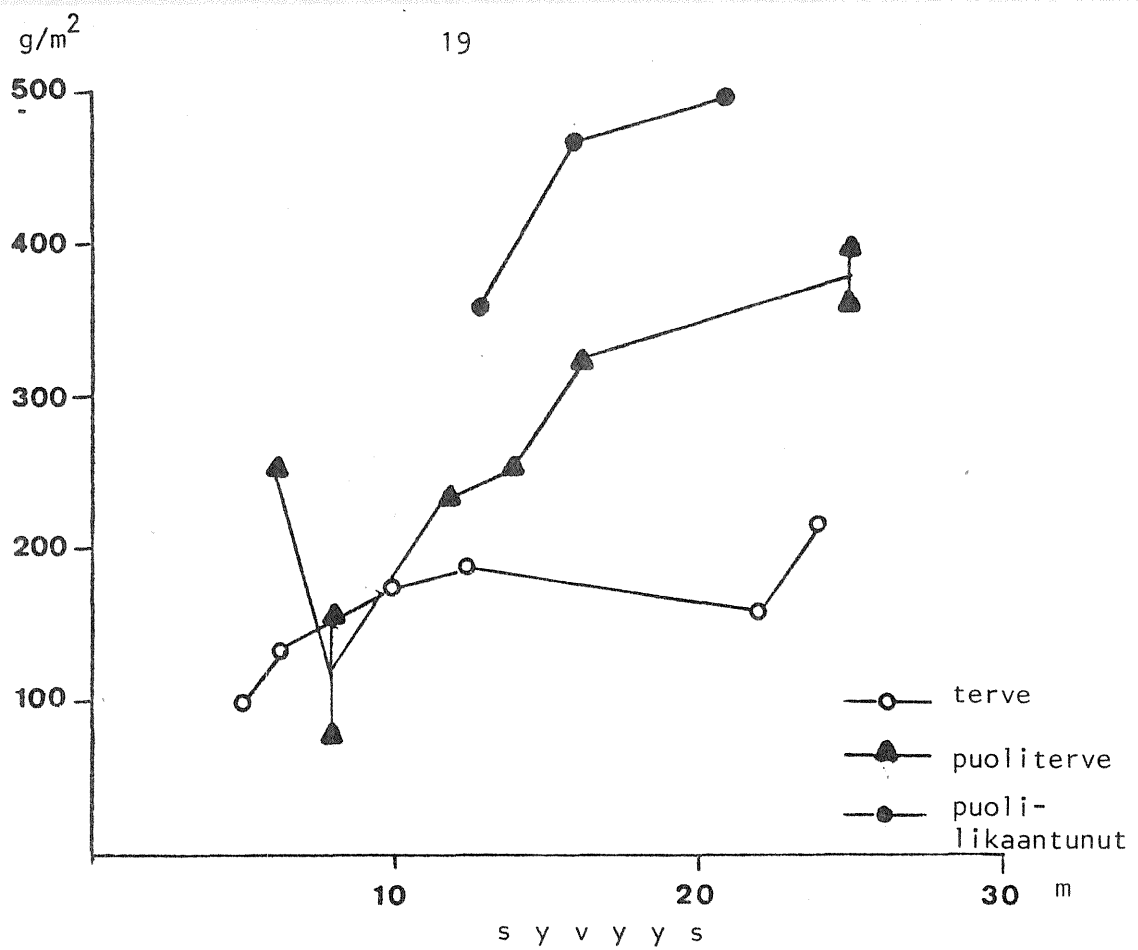
Näyteasemat:	1, 6, 7, 12, 13, 14, 15, 22	Kok. tiheys:	3230 yks/m ²		
Syvyydet:	6-25 m	Kok. biomassa:	385,5 g/m ²		
Lajiluku:	4-12 (keskim. 7,6 lajia/as)				
Laji/Ryhmä	Frekv.	Keski- tiheys yks/m ²	Max. tiheys yks/m ²	Keski- biom. g/m ²	Max. biom. g/m ²
	%				
Macoma baltica	100	910	1440	258,9	393,6
Pontoporeia affinis	100	1340	3350	4,8	11,9
Tanypodinae	90	60	150	+	0,4
Harmothoe sarsi	60	60	220	0,7	2,6
Halicryptus spinul.	60	10	30	5,3	16,8
Oligochaeta	50	200	840	0,1	0,6

Taalintehtaan itäpuolisella merialueella vallitsi siten vähälajinen syvän veden yhteisö, jossa lajiston voimasuhteet olivat jonkin verran häiriintyneet.

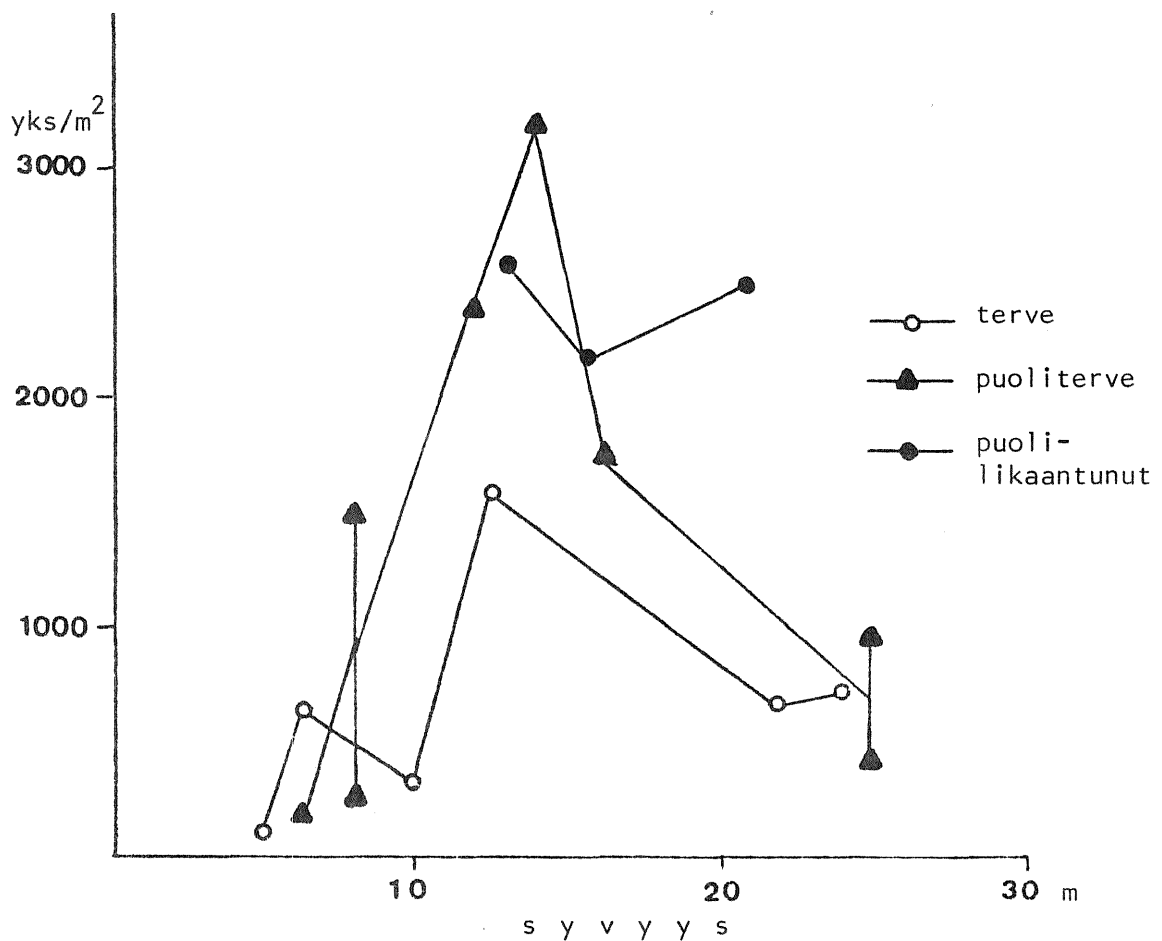
Jätevedet leviävät ilmeisesti lounaistuulten vaikutuksesta myös rannikon suuntaisesti, jolloin lieviä muutoksia pohjaeläimistössä havaittiin noin kolmen kilometrin etäisyydellä tässäkin suunnassa (kuva 4).

Tehtaan länsipuolella asema 6 oli pohjaeläimistöltään vaihettumisvyöhykettä likaantuneen syvänteiden ulkopuolella. Syvänteiden kanssa yhteisiä lajeja olivat harvasukasmatot ja surviaistoukat, minkä lisäksi tällä asemalla tavattiin liejusimpukkaa sekä rantavyöhykkeelle tyypillistä lajistoa. Sinisimpukan biomassa oli kaksinkertainen liejusimpukkaan verrattuna. Asemalla 7 edellisestä 0,5 kilometrin päässä oli liejusimpukan määrä jo kohonnut ylittäen Galtarbyvikenilta saadun vertailuarvon. Lajisto oli selvästi edellistä yksipuolisempaa, koska siitä puuttuivat rantavyöhykkeen ainekset. Molemmilla asemilla havaittiin siten selvästi likaantumisen aiheuttamia muutoksia.

Tehtaan länsipuolella jätevesien vaikutukset ilmenivät erityisen selvästi syvänteissä. Kilometrin päässä pohjaliete oli pelkistyneessä tilassa ja kahden kilometrin päässä ympäristön matalista alueista poiketen voimakkaasti rehevöitynyt.



Kuva 5. Liejusimpukan (*Macoma baltica*) biomassa eri likaantumisyöhykkeissä



Kuva 6. Valkokatkan (*Pontoporeia affinis*) yksilötiheys eri likaantumisyöhykkeissä

Dalsbrukin asumisjätevesien vaikutuksesta Falköfjärdenin aseman 22 biomassa oli kohonnut vuoden 1974 luonnontasosta 150 g/m^2 lähes kaksinkertaiseksi. Samalla oli valkokatkan tiheys laskenut noin 500 yks/m^2 :llä ja rehevöitymistä ilmentävät surviaistoukat lisääntyneet.

4.46 Terve pohja

Luonnontilaisina pidettiin kilometrin päässä tehtaalta olevan alueen rantavyöhykettä, Galtarbyvikenä sekä merialuetta alkaen 1,5 kilometrin etäisyydellä Dalsbrukin asumajätevesien purkukohdasta (kuva 4). Pohjan laatu oli näillä alueilla täysin terve, eikä edes syvänteissä havaittu merkkejä hapen puutteesta.

Pohjaeläimistö oli siten tutkituille syvyysvyöhykkeille luonteenomaista ja vallitsevana oli valkokatka-liejusimpukkayhteisö. Lajistossa tavattiin myös muita puhtaan veden ilmentäjiä (taulukko 6).

Taulukko 6. Terve pohja. Vyöhykkeen kokonaiseläinmäärä sekä valtalajien tiheydet (yks/m^2) ja biomassat (g/m^2)

Näyteasemat:	3, 10, 16, 17, 23, 24	Kok. tiheys:	1920 yks/m ²		
Syvyudet:	5 - 24 m	Kok. biomassa:	219,4 g/m ²		
Lajiluku:	4-13 (keskim. 7,6 lajia/as)				
Laji/Ryhmä	Frekv.	Keski- tiheys	Max.	Keski- biom.	Max.
	%	yks/m ²	tiheys yks/m ²	g/m ²	biom. g/m ²
Macoma baltica	100	650	810	164,8	216,0
Pontoporeia affinis	100	660	1670	2,9	7,5
Tanypodinae	70	50	100	0,1	0,1
Mesidotea entomon	70	10	30	2,5	14,8
Harmothoe sarsi	50	90	330	1,0	3,8

Luonnontilaisilla alueilla kokonaisbiomassa oli keskimäärin 220 g/m^2 . Biomassaltaan dominoivin oli tässäkin vyöhykkeessä liejusimpukka, jonka keski-biomassa oli 160 g/m^2 . Macoman biomassa kasvoi 100 g:sta 300 g:aan syvyyden muuttuessa 5 metrillä 15 metriin (kuva 5). Vuoden 1974 perusselvityksen mukaan kokonaisbiomassa oli Taalintehtaan edustalla keskimäärin 190 g/m^2 , josta Macoman osuus 100 g/m^2 . Macoman biomassat ovat viime vuosina kohonneet tätä enemmän koko saaristoalueella, mikä lienee seurausta Saaristomeren yleisestä rehevöitymisestä. Uudenkaupungin merialueen uloimmissa osissa keski-biomassa vuonna 1979 oli 270 g/m^2 , Naantalın pohjoispuolella 240 g/m^2 ja Etelä-Airistolla 200 g/m^2 (Mölsä & Häkkinen 1979, Mölsä 1980, Rajasilta & Vuorinen 1979). Nämä ovat 3-4-kertaisia Leppäkosken (1975) luonnontilaiselta saaristomereltä 1970-luvun alussa määrittämiin arvoihin verrattuna.

Nyt tarkasteltavaa vyöhykettä voidaan kohonneesta biomassasta huolimatta pitää terveenä, kun tarkastellaan lajistoa ja eläinmääriä kokonaisuudessaan ja verrataan niitä tutkimusalueen likaantuneempiin osiin.

Puhtaan veden tyyppilajin, valkokatkan, tiheys noudatteli samansuuntaista vertikaalijakaumaa kuin liejusimpukka. Suurin tiheys 1670 yks/m^2 esiintyi 12 metrin syvyydellä (kuva 5). Suunnittelukeskuksen (1974) mukaan valkokatkan tiheys vaihteli luonnontilassa kolmen Falköfjärdenin tutkimuslinjan keskiarvon mukaan $2800-5200 \text{ yks/m}^2$, mihin nähden nyt saatu terveen vyöhykkeen keskitiheys 660 yks/m^2 sekä maksimitiheyskin 1670 yks/m^2 ovat selvästi alentuneet. Valkokatkan tiheydet ovat viime vuosina laskeneet erityisesti Selkämeren rannikkoalueilla samanaikaisesti edellä mainitun liejusimpukan biomassan nousun kanssa. Lajia voidaan silti pitää puhtaan veden ilmentäjänä.

Liejusimpukan ja valkokatkan välillä ei voitu havaita negatiivista korrelaatiota, kuten yleensä Suomen merialueilla, vaan lievän likaantumisen vaikutuspiirissä olivat molemmat lajit lisääntyneet. Syynä lienee jätevesien luonteesta johtuva toksinen likaantuminen, mikä ei aiheuta samanlaisia muutoksia pohjalietteen happitasapainossa kuin orgaaninen likaantuminen. Jätevesien sisältämät kiintoaines ja rauta ovat lisänneet sedimentaatiota, minkä seurauksena pohjan ravinteisuus ja eläinmäärät ovat kohonneet. Siksi valkokatkan tiheys oli puoliterveessä vyöhykkeessä luonnontilaista korkeampi.

Terveessä vyöhykkeessä muista puhtaan veden lajeista runsaslukuisin oli monisukasmato (*Harmothoe*). Keskitiheys oli 90 yks/m² ja suurin havaittu tiheys 330 yks/m², joka tavattiin 24 metrin asemalta Byholmenin eteläpuolella. Makkaramadon (*Halicryptus*) esiintymisfrekvenssi ei ollut terveellä pohjalla yhtä suuri kuin lievästi rehevöityneessä vyöhykkeessä. Lajin on todettu suosivan sedimentaatioisyvänteitä, joissa lietteen happipitoisuus pysyy kuitenkin lajille kyllin korkeana.

Ovako Oy Ab:n Taalintehtaan jätevesien vaikutukset rajoittuvat itäsuunnassa etupäässä syvänteisiin lähialueella yli 10 metrin ja 1,5 kilometriä kauempana yli 20 metrin syvyysvyöhykkeisiin. Siten eläimistö rantavyöhykkeessä ja syvänteiden yläosassa on säilynyt luonnontilaisena jo kilometrin etäisyydellä tehtaasta. Jätevesien leviäminen Byholmenin länsipuolelle on vähäisempää. Syvänte tehtaan läheisyydessä luokiteltiin likaantuneeksi ja kahden kilometrin päässä puolilikaantuneeksi.

Dalsbrukin taajaman asumisjätevesien vaikutuksesta pohja on selvästi likaantunut 0,1 km²:n suuruisen syvänteen alalla.

Sen ulkopuolella eläimistö poikkeaa lievästi luonnontilaisesta noin 0,5 km:n etäisyydellä, minkä jälkeen eläimistössä ei enää voida osoittaa likaantumisen aiheuttamia muutoksia.

5 JOHTOPÄÄTÖKSIÄ OVAKO OY AB DALSBROKIN JÄTEVESIEN VAIKUTUKSISTA POHJAN TILAAN

Ovako Oy Ab Dalsbrukin kuormitus muodostuu pääasiassa epäorgaanisista vesistöille ja eliöstölle haitallisista (mm. kiintoaines, raudan hydroksidit) tai myrkyllisistä (mm. hapot, emäkset, raskasmetallit) aineista. Orgaaninen, vesistöä rehevöittävä kuormitus on sensijaan vähäistä. Pääosa eliöstön kannalta hankalista aineista joutuu vesistöön sysäyksittäin erilaisten käsittelyliuosten tyhjennysten yhteydessä.

Kuormituksen vaikutukset vesifaasissa normaalimenetelmin mitattuna ovat melko vähäiset (havaintoja tosin tehty vain 1976 ja 1978) ja ilmenevät ajoittaisina veden kiintoaine- ja rautapitoisuuden kohoamisena sekä happipitoisuuden alenemisena tehtaan lähivesissä.

Jätevesikuormitus näkyykin selvimmin muutoksina pohjan ja pohjaeläimistön tilassa, koska vaikutukset kohdistuvat pääasiassa pohjasedimentteihin ja aivan ohueen pohjaa lähinnä olevaan vesikerrokseen sekä näissä eläviin tai lisääntyviin eliöihin. Pohjan ja pohjaeläimistön tila indikoivat lisäksi pitkäaikaista keskimääräistä vesistön laatua, kun taas vedestä tehty kertanalyysi ilmaisee aina vain satunnaista sen hetkistä tilaa. Toisaalta myös hetkelliset olosuhteiden muutokset jättävät jälkensä pohjaeläimistöön.

Pääosa tehtaalta tulevasta kiintoainemuodossa olevasta kuormituksesta sedimentoituu pohjaan melko lähellä tehdasta. Myös suuri osa liukoissa muodossa olevista aineista (mm. monet raskasmetallit) saostuvat jäteveden laimentuessa ja neutraloituessa merivedessä ja laskeutuvat pohjaan.

Voimakkainta jätevedestä peräisin olevien aineiden sedimentaatio on tehtaan välittömässä läheisyydessä sekä syvillä pohjilla. Matalille alueille laskeutunut aines joutuu tuulisina aikoina aallokon aiheuttamien veden liikkeiden johdosta uudelleen liikkeelle ja pääosa siitäkin sedimentoituu lopulta pysyvästi läheisiin syvänteisiin.

Tehtaalta sysäyksittäin mereen tulevat väkevät myrkylliset liuokset kulkeutuvat ohuena kerroksena aivan pohjan pinnassa ja tuhoavat aika-ajoin pohjaeläimiä ja lietteen normaalia pieneliöstöä (mm. bakteerit). Tuulisilla ilmoilla merenkäynti laimentaa jätevedet melko nopeasti purkualueella, mutta tyynien jaksojen aikana vekevää jättevettä saattaa levitä pohjan tuntumassa Bruksfjärdenin suuntaan.

Pohjaan laskeutuva kiintoaine lisää veden ja pohjalietteen hapenkulutusta, muuttaa sedimentin normaalia rakennetta ja häiritsee hapen kulkeutumista veden ja sedimentin välillä. Myrkylliset aineet tuhoavat pieneliöstön, joka normaalisti käyttää lietteen ravintovaroja. Näistä ilmiöistä johtuen aiheutuu häiriöitä sedimentin happitaloudessa.

Purkualueella ja lähialueen syvänteissä, missä jäteaineiden sedimentaatio on voimakkainta pohja oli täysin pelkistyneessä tilassa. Tehtaalta etäännyttäessä lietteen happitilanne paranee vähitellen, mutta vaikutukset ovat syvillä pohjilla havaittavissa idässä runsaan kolmen kilometrin ja lännessä ainakin runsaan kahden kilometrin etäisyydelle.

Sedimentin sisältämät raskasmetallit ilmentävät paitsi jätevesien metallikuormitusta, myös jäteaineiden sedimentoitumismäärää ja -alueita. Tutkituista metalleista lyijyn, sinkin, kuparin, raudan ja kromin pitoisuudet ovat kohonneet selvästi, kadmiumin ja vanadiinin pitoisuudet vain lievästi tehtaan jätevesien vaikutusalueella.

Nikkelin ja koboltin pitoisuuksissa ei tehtaan jätevesien vaikutusta voida osoittaa. Runsaimmin raskasmetalleja on kerääntynyt tehtaan edustalle, missä sedimentin pitoisuudet ovat noin 5-15-kertaisia luonnontilaan verrattuna. Pitoisuus pienenee kuitenkin nopeasti etäännyttäessä tehtaalta. Syvänteissä pitoisuus on kohonnut 2-4-kertaiseksi noin 2 km:n etäisyydelle ja selvä vaikutus on havaittavissa vajaan neljän kilometrin etäisyydelle tehtaasta. Matalilla pohjilla, missä sedimentaatio on vähäisempää, lähes luonnontilaiset arvot useimpien metallien osalta saavutetaan jo kahden kilometrin etäisyydellä tehtaasta.

Tehtaan jätevesien vaikutukset pohjaeläimistöön purkualueen lähistöllä ovat luonteeltaan lähinnä myrkyllisiä tai suoraan haitallisia, jolloin puhutaan toksisesta vaikutuksesta. Tehtaan jätevedet vaikuttavat kuitenkin myös pohjaa rehevöittävästi. Jätevedestä peräisin olevat kiintoainehiukkaset voivat toimia monien levämuotojen kasvualustana ja rautahydrosidiyhdisteet saostavat vedestä orgaanisia partikkeleita (leviä ym.) ja ravinteita. Tästä johtuen tehtaan vaikutusalueella myös pohjaan laskeutuvan orgaanisen pohjaeliöstön ravinnoksi kelpaavan aineksen määrä kasvaa luonnontasoa suuremmaksi. Näin vaikutusalueen äärirajoilla, missä veden ja pohjan happipitoisuus pysyy hyvänä eikä haitallisten aineiden määrä nouse liian suureksi, pohjaeläimistön määrä kasvaa luonnontilaan verrattuna.

Pohjaeläimistön mukaan tehtaan vaikutusalue voidaan jakaa likaantumisyvyöhykeisiin. Pahoin likaantunutta pohjaa esiintyy tehtaan edustalla noin 5 hehtaarin alueella. Tällä pohjaeläimistö oli lähes kokonaan tuhoutunut. Likaantunut pohja käsittää tehtaalta Bruksfjärdenille suuntautuvan uoman syvät osat kahden kilometrin etäisyydelle tehtaasta (0,4 km²) sekä Byholmenin länsipuolella olevan syvänteen (0,1 km²).

Eläimistö koostui likaantumista indikoivista lajeista ja eläinten biomassasta oli vain 5 % luonnontilaisesta tasosta. Puoliliikaantunutta pohjaa tavataan kapeana vyöhykkeenä likaantuneen pohjan ulkopuolella sekä erillisenä alueena runsaan kolmen kilometrin etäisyydellä tehtaan länsipuolella. Pohjan happi-tilanne oli hyvä ja lietteen rehevöitymisestä johtuen pohjaeläimistön määrä oli kasvanut. Biomassa oli noin kaksinkertainen luonnontilaan verrattuna. Puoliterve pohja käsitää edellisten vyöhykkeiden ulkopuoliset matalan pohjan alueet tehtaan lähistöllä, Bruksfjärdenin pohjoisosan syvät alueet sekä pääosan tehtaan länsipuolisesta alueesta. Pohjaeläinlajisto oli sama kuin luonnontilaisilla alueilla, mutta sedimentin lievästä rehevöitymisestä johtuen eläinten biomassasta oli kohonnut n. 80 % vertailualueisiin verrattuna. Tervettä pohjaa esiintyy Galtarbyvikenillä sekä matalilla ranta-alueilla noin kilometrin etäisyydeltä tehtaasta sekä Falköfjärdenillä. Pohjaeläimistö oli näillä alueilla kyseisille syvyysvyöhykkeille ja pohjan laaduille tyypillistä sisäsaariston eläimistöä.

Dalsbrukin taajaman jätevedet ja tehtaan saniteettijätevedet johdetaan puhdistettuina Falköfjärdenin pohjoisosaan. Tutkimuksen yhteydessä selvitettiin myös näiden jätevesien vaikutukset pohjan laatuun. Kuormitus poikkeaa tehtaan kuormituksesta. Se on tyypiltään orgaanista; vaikutukset ilmenevät orgaanisen, hajoavan aineen aiheuttamana hapen kulumisena vedestä ja pohjalietteestä sekä veden ja pohjalietteiden rehevöitymisestä. Pienen jätevesimäärän vuoksi vaikutusalue on suhteellisen suppea. Kuollutta pahoin likaantunutta pohjaa ei tavattu lainkaan. Purkualueella yli 15 metrin syvyydessä pohja oli likaantunutta ja eläimistö koostui likaantumista indikoivista lajeista. Alkuperäinen mereinen lajisto oli kokonaan tuhoutunut. Likaantuneen vyöhykkeen (0,1 km²) ulkopuolella pohja melko nopeasti muuttui puoliterveeksi, missä likaantumista indikoivat lajit olivat lisääntyneet lähes kaksinkertaiseksi ja puhtaan veden ilmentäjät vastaavasti vähentyneet. Puhdas pohja alkoi noin puolen kilometrin etäisyydeltä purkukohdasta.

6 L O P P U T I I V I S T E L M Ä

Turun vesipiirin vesitoimisto teki syksyllä 1979 alustavan sedimenttitutkimuksen Ovako Oy Ab Dalsbrukin tehdaslaitoksen edustalla. Vuoden 1979 tutkimuksen antamien viitteiden perusteella tehtiin alueella kesällä 1980 laajempi raskasmetalli- ja pohjaeläintutkimus. Tutkimus liittyy Ovako Oy Ab:n jätevesikatselmukseen ja on tehty tehtaan kustantamana toimitusinsinöörin aloitteesta. Sen tarkoituksena oli selvittää Taalintehtaan edustan pohja-sedimenttien ja pohjaeläinten raskasmetallitaso sekä pohjaeläimistön tila ja rajata tehtaan vaikutusalue.

Tehtaan jätevesikuormitus on luonteeltaan vesieliöille haitallista tai myrkyllistä ja pääosa siitä joutuu mereen sysäyksittäin.

Jätevesikuormituksen vaikutuksesta pohjaliete oli tehtaan edustalla täysin hapetonta. Häiriöt lietteen happitilanteessa ulottuivat syvillä sedimenttiopohjilla noin kolmen kilometrin etäisyydelle tehtaasta.

Tutkituista metalleista lyijyn, sinkin, kuparin, raudan ja kromin pitoisuudet olivat kohonneet voimakkaasti tehtaan jätevesien purkualueella. Kuormituksen vaikutukset sedimentin metallitasoon ulottuvat 3-4 km:n etäisyydelle tehtaasta. Kadmiumin ja vanadiinin pitoisuudet olivat kohonneet vain lievästi, nikkelin ja koboltin pitoisuuksissa ei voitu havaita jätevesistä johtuvia muutoksia. Tehtaan raskasmetallikuormitus näkyy myös simpukoissa, joiden metallipitoisuudet olivat selvästi kohonneet jätevesien vaikutusalueella.

Pohjaeläimistö oli lähes kokonaan tuhoutunut tehtaan jätevesien purkuputken edustalla (pahoin likaantunut pohja) ja voimakkaasti häiriintynyt syvillä pohjilla noin kahden kilometrin etäisyydelle tehtaasta (likaantunut pohja). Lievempiä muutoksia pohjaeläimistössä (puoliliikaantunut ja puoliterve pohja) esiintyy matalilla pohjilla tehtaan lähistöllä sekä syvillä pohjilla edellisten vyöhykkeiden ulkopuolella idässä noin 4 km:n ja lännessä ainakin 2,5 km:n etäisyydelle tehtaasta.

Taalintehtaan taajaman ja tehtaan saniteettijätevesien purkukohdalla Falköfjärdenin pohjoisosassa pohja oli voimakkaasti rehevöitynyt suppealla alueella. Lievät vaikutukset ulottuivat noin 0,5 km:n etäisyydelle purkukohdasta. Galtarbyvikenillä ja Falköfjärdenillä pohja oli tervettä ja pohjaeläimistö oli lajistoltaan ja määrältään tyypillistä puhtaalle Saaristomerelle.

K I R J A L L I S U U S

- Beijer, K. 1978. Transport and transformation of metals in the aquatic environment and some ecological aspects. Seminar on heavy metals-technological methods for the limitation of discharges. Under the convention on the protection of the marine environment of the Baltic Sea area. Copenhagen 4-7 june 1978 12 p.
- Boström, K., J.A. Burman, B. Boström, C. Ponter, S. Brandlöv & B. Alm. 1978. Geochemistry, mineralogy and origin of the sediments in the Gulf of bothnia. Finnish Marine Research 244:8-35.
- Brinkhurst, R.O. 1971. A guide for the identification of British aquatic oligochaeta. Freshw. Biol. Assoc. Sci. Publ. 22.
- Brinkhurst, R.O. & Jamieson, B.G.M. 1971. Aquatic Oligochaeta of the world. Edinburg 1971. 860 pp.
- Brzezińska, A. & C. Carbalewski 1978. Atmosphere as a source of trace metals input to the Gdańsk Basin. Seminar on heavy metals-technological methods for the limitation of discharges. Under the convention of the protection of the marine environment of the Baltic Sea area. Copenhagen 4-7 june 1978. 13 p.
- Erlenkeuser, H., E. Suess & H. Willkomm 1974. Industrialization affects heavy metal and carbon isotope concentrations in recent Baltic Sea sediments. Geochim. Cosmochim. Acta 38:823-842.
- Galloway, J.N. 1979. Alteration of trace metal geochemical cycles due to the marine discharge of wastewater. Geochim. Cosmochim. Acta 43: 207-218.
- Hansen, J.A., B. Larsen & J. Chr. Tjell 1976. Tentative heavy metal budget for the Baltic. Seminar on the recent development in the technological field in respect to the prevention of pollution of pollution of the Baltic Sea area. Under the convention on the protection of the marine environment of the Baltic Sea area, Hanasaari Cultural Centre, Finland, October.
- Häkkilä, K. 1978. Metalliteollisuus vesistöjen kuormittajana. Metalliteollisuuden jätevedet. INSKOn julkaisu 44/78, 1, 1-18.
- Häkkilä, K. 1980. Vuorikemian titaanidioksiditehtaiden jätevesien vaikutuksista Porin edustan merialueen pohjaeläimistöön - Pohjaeläintutkimukset v.1978. Vesihallituksen monistesarja 1980:43.
- Häkkilä, K. 1980 a. Pohjasedimenttien ja pohjaeläinten raskasmetalleista Porin edustan merialueella. Vesihallituksen tiedotus 190. 39 ss.
- Häkkilä, K. 1980 b. Pohjasedimenttien raskasmetalleista Uudenkaupungin edustan merialueella. Vesihallituksen monistesarja 1980:45.
- Häkkilä, K., P. Hiltunen ja H. Mölsä 1978. Vuorikemian titaanidioksiditehtaiden vaikutuksista Porin edustan merialueen pohjaeläimistöön. Summary: Effects of effluents of a titanium dioxide factory on the benthic macrofauna in a brackish water sea area off Pori. Vesihallituksen tiedotus 144:3-131.
- Juuti, T. & Leppäkoski, E. 1976. Pohjaeläimistön tila Turun-Naantalin merialueella 1970-1975. Lounais-Suomen vesiensuojeluyhdistyksen julk. 30:1-13.
- Lantzy, R.J. & F.T. Mackenzie 1979. Atmosphere trace metals: global cycles and assesment of man's impact. Geoshim. Cosmochim. Acta 43:511-525.
- Leppäkoski, E. 1975. Assesment of degree of pollution on the basis of macrozoobenthos in marine and brackish water environments. Acta Acad. Åboensis B, 35 (2): 1-90.
- Lithner, G. & H. Samberg 1976. Tungmetallföroreningar i Skellefteåbukten och angränsande kustavsnitt. Bothnian Bay Symposium 1974. Acta Univ. Oul. A. 42. Biol. 3:17-22.
- Luotamo, I. & M. Luotamo 1976. Kokemuksia ja näkemyksiä Koverharin rauta- ja terästehtaan vesistövaikutuksista. Vuoriteollisuus 2/1976, 1-7.
- Luotamo, I. & M. Luotamo 1977. Koverharin rauta- ja terästehtaan vesistö-tarkkailu. Havaintoja vuosilta 1974, 1975 ja 1976. Tutkimusraportti n:o 4. Tvärminnen eläintieteellinen asema, Helsingin yliopisto.

- Manheim, F.T. 1961. A geochemical profile in the Baltic Sea. *Geochim. Cosmochim. Acta* 25:52-70.
- Mölsä, H. 1980. Pohjaeläintutkimuksen soveltuvuus vesistön laadun seurantaan Lounais-Suomessa. Käsikirjoitus Turun vesipiirin vesitoimistossa.
- Mölsä, H. 1981. Oy Lohja Ab:n Maasälpärikastamon jätevesien vaikutus pohjaeläimistön ja sedimentin tilaan Kemiön Norrlångvikenillä. Moniste 35 s. Turun vesipiirin vesitoimistossa.
- Mölsä, H. & Häkkilä, S. 1979. Pohjaeläimistö Uudenkaupungin merialueella vuosina 1963-1979 sekä fluorin vaikutuksista eräisiin pohjaeläimiin. Moniste 110 s. Turun vesipiirin vesitoimistossa.
- Niemi, A. 1976. Concentrations and sources of some heavy metals in the coastal sea areas and inland fresh waters around Kokkola, central Ostrobothnia. Bothnian Bay symposium 1974. *Acta Univ. Oul. A* 42. 1976 *Biol.* 3:11-16.
- Oy Vesi-Hydro Ab. 1979. Oy Wärtsilä Ab Taalintehdas. Jätevesien johtamisen hakemussuunnitelma, 18 ss.
- Prater, B.E., 1975. The metal content and dispersion characteristics of steelworks effluents discharging to the Tees Estuary. *Wat. Poll. Contr.* 74. 63-78.
- Rajasilta, M. & Vuorinen, I. 1979. Pohjaeläimistö merialueella Naantali-Turku-Parainen. Käsikirjoitus Lounais-Suomen vesiensuojeluyhdistyksessä.
- Suunnittelukeskus Oy, 1974. Vesiasetuksen 53 ja 55 mukainen selvitys Dragsfjärdin Falköfjärdenin kalastosta ja kalastuksesta. Moniste 16 s.
- Varmo, R. 1976. Pohjasedimenttien raskasmetallipitoisuus. Helsingin ja Espoon merialueiden tarkkailu 1975 (E. Tarkiainen, ed.) Helsingin kaupungin rakennusvirasto, Vesiensuojelulaboratorion tiedonantoja 8: 115-126.
- Voipio, A., K. Erkomaa, E. Karppinen, I. Mäkinen ja V. Tervo 1977. Eräiden raskaiden metallien ja organoklooriyhdisteiden pitoisuudet Itämeren kaloissa ja pohjaeläimissä, *Ympäristö ja Terveys* 2/1977:127-143.
- Voipio, A. & L. Niemistö 1975. Mäntyluodon edusta Kemira Oy:n Vuorikemian tehtaitten jätevesien vastaanottajana. Abstract: Studies of a water area receiving the affluent of a titanium dioxide factory on the coast of the Bothnian Sea. *Meri* 3:1-45.

LIITE 1. Pohjaeläimistön tiheys (N, yks/m²) ja biomassa (B, g/m²) Taalintehtaan edustan merialueella 4-5.8. 1980.

Pohjan laatu: Sa= savi, Lj= lieju, Su= sulfidi, Fe= rautasakka

asema	4A	2	1	9	10	3	11A	11B	12	13	14	15
syvyys (m)	7	10	12	17	5.5	12.5	22	21	6	25	25	16
pohja	SaLjFe	SaLjFeSu	SaLj	SuLj	SaLj	SaLj	SuLj	SaLj	SuSa	SaLj	SaLj	SaLj
laji/ ryhmä	N B	N B	N B	N B	N B	N B	N B	N B	N B	N B	N B	N B
<i>Macoma baltica</i>	-	23 +	714 229.13	-	702 132.74	703 185.28	-	1622 527.42	1440 264.22	828 393.63	1270 360.53	884 324.43
<i>Mya arenaria</i>	-	-	-	-	23 34.08	-	-	-	23 41.60	-	-	-
<i>Mytilus edulis</i>	-	-	-	-	340 209.17	-	-	-	1678 648.42	-	-	-
<i>Cardium lamarcki</i>	-	-	-	-	34 0.01	-	-	-	11 39.00	-	-	-
Hydrobidae	-	-	-	-	567 3.54	-	-	-	556 3.08	-	-	-
<i>Pontoporeia affinis</i>	11	45 0.09	2438 6.35	68 0.13	533 1.66	1678 3.91	204 0.65	2529 11.32	170 0.37	352 3.50	975 4.22	1690 4.25
<i>Corophium volutator</i>	-	-	-	-	1225 0.41	11 0.01	-	-	635 0.16	-	-	-
<i>Mesidotea entomon</i>	-	-	-	-	34 14.77	11 0.07	-	-	45 0.71	-	-	23 0.16
<i>Gammarus</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	23 0.06	204 0.58	-	-	-
Oligochaeta, total	-	34 0.02	839	590 2.23	45 0.06	-	136 0.58	-	23 0.01	-	-	306 0.32
<i>Potamothenix hammon.</i>	-	23	79	590	11	-	136	-	-	-	-	-
<i>Tubifex costatus</i>	-	11	760	-	-	-	-	-	-	-	-	306
<i>Pelosclex heteroch.</i>	-	-	-	-	34	-	-	-	-	-	-	-
<i>Harmothoe sarsi</i>	-	-	11 0.01	-	11 0.01	-	-	68 0.83	-	147 2.56	215 2.19	79 0.43
<i>Nereis diversicolor</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	136 9.65	-	-	-
Chironomidae, total	45 0.03	1009 2.31	147 0.35	329 7.42	11 0.09	91 0.11	272 1.09	23 0.05	11 0.01	23 0.36	-	56 0.20
<i>Chironomus plumosus</i>	45	828	-	329	11	-	170	-	-	-	-	11
<i>Procladius</i> spp.	-	136	147	-	-	91	-	23	11	23	-	45
Tanytarsini	-	-	-	-	-	-	102	-	-	-	-	-
<i>Hallicryptus spinulos.</i>	-	-	11 0.01	-	-	-	-	11	-	11 7.34	34 17.78	-
YHTEENSÄ	56 0.03	1111 2.42	4160 236.44	987 9.78	3525 396.54	2494 189.37	612 2.32	4276 542.14	4932 1007.81	1361 407.39	2494 384.72	3038 329.79

asema	16	17	19	20	22	23	24	5	6	7	8
syvyys (m)	10	5	12.6	20	14	24	22	8.5	7	7.5	15.5
pohja	Salj	Salj	Salj	SuLj	Salj	Salj	Salj	SuLj*	Salj	Salj	Salj tuma
laji/ ryhmä	N B	N B	N B	N B	N B	N B	N B	N B	N B	N B	N B
<i>Macoma baltica</i>	805 180.76	499 108.74	1293 351.88	-	726 259.73	692 215.97	476 159.50	11 9.27	578 72.80	862 166.93	1497 474.01
<i>Mya arenaria</i>	11 0.74	34 2.51	11 0.01	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Mytilus edulis</i>	-	11 14.64	11 1.80	-	-	-	-	-	919 140.16	-	-
<i>Cardium lamarcki</i>	-	147 0.65	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hydrobiae	11 0.17	68 0.28	23 0.01	-	-	-	11 0.09	-	147 0.71	45 0.30	11 0.01
<i>Pontoporeia affinis</i>	329 0.86	113 0.35	2517 8.66	11 0.01	3345 11.92	612 7.47	680 3.14	-	1520 6.24	227 1.25	2189 6.33
<i>Corophium volutator</i>	-	68 0.61	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Mesidotea entomon</i>	11 15.48	-	11 2.40	-	45 36.10	-	11 0.06	-	23 0.24	-	23 0.14
<i>Gammarus</i> spp.	-	-	-	-	11 0.44	-	34 0.20	-	495 2.90	-	-
<i>Aseillus aquaticus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	23 0.01	-	-
<i>Isaera albifrons</i> -r.	-	-	-	-	-	-	-	-	23 0.01	-	-
Oligochaeta, total	-	-	170 0.23	-	-	-	-	170 0.26	419 0.26	-	522 0.37
<i>Potamothenix hammon.</i>	-	-	-	-	-	-	-	45	11	-	-
<i>Tubifex costatus</i>	-	-	170	-	-	-	-	125	408	-	522
<i>Harmothoe sarsi</i>	-	-	-	-	34 0.11	329 2.54	215 3.84	-	-	-	45 0.40
<i>Nereis diversicolor</i>	-	34 4.46	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chironomidae, total	102 0.11	170 0.28	431 1.27	261 27.33	102 0.34	11 0.01	11 0.06	260 1.86	124 0.14	147 0.34	68 0.11
<i>Chironomus plumosus</i> -t.	-	-	45 0.69	261	-	11	-	215 1.66	113 0.14	23	11
<i>Procladius</i> spp.	102	91 0.14	352 0.58	-	102	-	11	45 0.20	11	113	57
Chironomini	-	79 0.14	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tanytarsini	-	-	34	-	-	-	-	-	-	11	-
<i>Haemaphysalis spinulos.</i>	-	-	11 0.08	-	11 0.09	-	11 6.77	-	-	11 16.84	11 5.22
YHTEENSÄ	1269 198.12	1144 132.52	4478 366.34	272 27.34	4274 308.73	1644 225.99	1450 173.66	441 11.39	4275 223.46	1292 185.66	4366 486.59

